

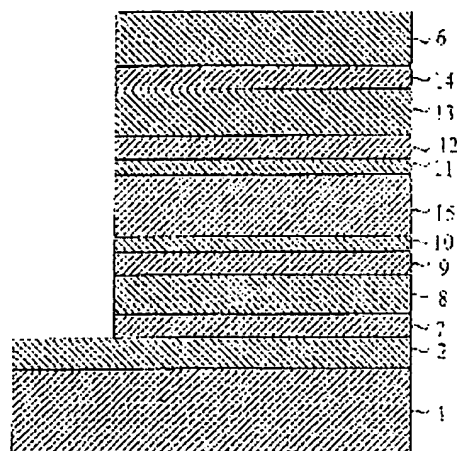
**GREEN, BLUE OR WHITE AMORPHOUS p-i-n THIN FILM LIGHT EMITTING DIODE AND ITS FABRICATING METHOD**

**Patent number:** JP2002170985  
**Publication date:** 2002-06-14  
**Inventor:** KO SHIO; CHO SHUNGEN; SHO TOKUCHIN; CHIN EIAN  
**Applicant:** NATL SCIENCE COUNCIL OF ROC  
**Classification:**  
- international: H01L33/00; H01L33/00; (IPC1-7): H01L33/00  
- european:  
**Application number:** JP20000387182 20001220  
**Priority number(s):** JP20000387182 20001220; JP20000326228 20000919

Report a data error here

**Abstract of JP2002170985**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an amorphous thin film light emitting diode of p-i-n structure having excellent characteristics and reduced defects. **SOLUTION:** The amorphous p-i-n thin film light emitting diode has an emission layer on the p-i interface so that emission intensity of a device is increased while lowering a required operating voltage. A novel inclined band gap interface layer of p-i and i-n is formed by continuous growth method, and electrical contact resistance is decreased by improving the characteristics of a composition surface. High optical band gap material at the i-layer part includes amorphous silicon nitride hydrogen, amorphous silicon oxide hydrogen, amorphous carbon nitride hydrogen, amorphous silicon nitride carbon hydrogen, and amorphous carbon hydrogen. Valence electrons occupy a relatively high energy state when they are injected into the i-layer, and have a relatively large energy difference thus emitting high energy light of green, blue or white.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-170985

(P2002-170985A)

(43) 公開日 平成14年6月14日 (2002.6.14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

ターミナル\* (参考)

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

A 5 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-387182(P2000-387182)

(22) 出願日 平成12年12月20日 (2000. 12. 20)

(31) 優先権主張番号 特願2000-326228(P2000-326228)

(32) 優先日 平成12年9月19日 (2000. 9. 19)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 594001063

行政院国家科学委員会

台湾・台北市和平東路二段106号18樓

(72) 発明者 洪 志旺

台湾桃園市泰成路81巷10號

(72) 発明者 張 俊彦

台湾新竹市大學路1003巷10號3樓

(72) 発明者 鐘 徳鎮

台湾桃園縣平鎮市承德路39號

(72) 発明者 陳 盈安

台湾新竹縣竹北市中華路126巷3弄24號

(74) 代理人 100090941

弁理士 藤野 清也 (外2名)

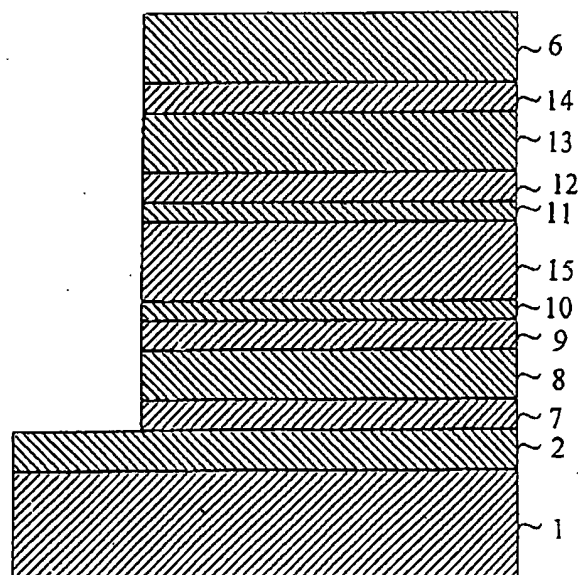
Fターム(参考) 5F041 AA11 AA40 CA08 CA10 CA33

(54) 【発明の名称】 緑青白非晶質 p-i-n 薄膜発光ダイオード及びその製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 欠陥が少なく、特性が優れた p-i-n 構造の非晶質薄膜発光ダイオードを提供する。

【解決手段】 本発明の非晶質 p-i-n 薄膜発光ダイオードの発光層は p-i の界面にあり、デバイスの発光光度を上げ、必要な操作電圧を下げる。本発明では連続成長の方法で新規の傾斜バンドギャップの p-i と i-n 界面層を製造しており、接合面の特性を改善することで接触電気抵抗を減少させる。i 層部分での高光バンドギャップの材料として、非晶質窒化ケイ素水素、非晶質酸化ケイ素水素、非晶質窒化炭素水素、非晶質窒化ケイ素炭素水素、或いは非晶質炭素水素などを使用している。価電子が i 層に注入される時比較的高いエネルギー状態を占めるようにさせ、比較的大きなエネルギー差を持たせ、高エネルギーの緑、青、或いは白の発光をさせる。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 緑青白非晶質  $p-i-n$  薄膜発光ダイオードにおいて、三種の元素、及び不純物によって構成された  $p-i$  傾斜バンドギャップ構造を含み、この構造は、隣接する  $i$  層の  $p-i$  界面に固有の同種の接合面を形成するとともに、 $p^+-a-SiCN:H$  及び  $p-a-SiN:H$  からなる傾斜バンドギャップが形成し、価電子注入効率を向上させて  $p-a-SiN:H$  と  $i-a-SiN:H$  界面はドーパされた傾斜バンドギャップを持つ同質接合面であって、界面発光層は界面に発生する欠陥を改良したことを特徴とする薄膜発光ダイオード。

【請求項2】 薄膜発光ダイオード構造の傾斜バンドギャップ層はゲルマニウムを加えることによってデバイスの光学特性を改善した請求項1に記載の薄膜発光ダイオード。

【請求項3】 マグネシウム、アルミニウムからなる金属層を導入して非晶質膜と外部電極のオーム接触を改善した請求項1に記載の薄膜発光ダイオード。

【請求項4】 発光層の材料は  $a-SiO:H$ 、 $a-SiON:H$ 、 $a-CN:H$ 、 $a-SiCN:H$ 、 $a-C:H$  から選ばれる群の少なくとも1種からなる非晶質である請求項1に記載の薄膜発光ダイオード。

【請求項5】 発光層の材料は  $a-SiO:H$ 、 $a-SiON:H$ 、 $a-SiCN:H$ 、 $a-C:H$  から選ばれる群の少なくとも1種からなる非晶質である請求項2または3に記載の薄膜発光ダイオード。

【請求項6】 緑青白非晶質  $p-i-n$  薄膜発光ダイオードの製造方法において、電氣的接触を形成するために電極上に容易にドーパされ得る比較的狭い光バンドギャップの  $p$ -型 または  $n$ -型の非晶質膜を成膜させる工程、ドーパントを用いて光バンドギャップを徐々に高くして  $p$ 型または  $n$ 型の非晶質膜を連続して成膜させる工程；原料気体とドーパントを変化させて高光バンドギャップ発光層の材質と同じ  $p$ -型、または  $n$ 型の非晶質膜を一層成膜させる工程、次いで、成膜に必要な  $i$  型高光バンドギャップ非晶質膜を成膜させる工程からなることを特徴とする薄膜発光ダイオードの製造方法。

【請求項7】 製造された単結晶もしくは多結晶のLED、または単結晶、もしくは多結晶の基板が使われて、デバイスの光電気特性を向上させる請求項1から5のいずれかに記載の薄膜発光ダイオード。

【請求項8】 ケイ素基板上に成長させる請求項7に記載の薄膜発光ダイオード。

【請求項9】 結晶半導体発光ダイオードを製造し、或いは結晶基板上に成長させ、デバイスの光電気特性を向上させる請求項6に記載の薄膜発光ダイオードの製造方法。

【請求項10】 ケイ素基板上に成長させる請求項9に

記載の薄膜発光ダイオード製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、発光ダイオード(LED)の構造に関する。さらに、詳しくは、緑-青-白の非晶質  $p-i-n$  薄膜発光ダイオードの構造であり、これは、発光ダイオードの製造において、フルカラーのディスプレイパネルに役立つものである。

【0002】現在、市場で見られる発光ダイオードは大部分が赤、黄、緑で、青の発光ダイオードは比較的値段が高く、全面的にフルカラーディスプレイパネルに応用するのは難しい状況である。Wrote Boonkosum 等が1993年Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 第297巻第1005-1010頁に、従来の青-白非晶質  $p-i-n$  薄膜発光ダイオードの構造断面図を開示した。それを図1に示した。図2にその製造過程における断面図を示す。製造時におの  $p^+-a-SiC:H$  (3)、固有の  $i-a-SiN:H$  (4) 及び  $n^+-a-SiC:H$  (5) を成膜させる。  $p-i$  及び  $i-n$  界面に多くの欠陥が生じることから、成膜時に段階別に成長させる方法を採用していた。さらに、アルミニウム電極と  $n^+$  型非晶質炭化ケイ素窒素 ( $n^+-a-SiC:H$ ) の仕事関数(work function)の差が比較的大きく  $p-i$  界面にも不連続に原子価帯がある。従って電子とホールを発光層に注入するのがやや難しく、また価電子輻射性複合の確率も減少し、発光光度も弱まる。また操作電圧も高く、デバイスの安定性も不確かで、実際の商用価値は高いとは言えない。

## 【0003】

【従来の技術】上述のような様々な欠点に対して、以下に挙げた従来の方法によってエレメントの特性を改良することができた。P. Roca i Cabarrocas等が1990年IEEE Photovoltaic Specialists Conference第2巻第1610-1613頁でモリブデンクッション層に関して提示している：インジウム-錫酸化物(ITO)透明電極の上に非常に薄い膜のモリブデン金属膜被覆を施し、各エレメントが必要とする各層薄膜を成長させた。その目的はITO電極の酸素が非晶質薄膜に浸入し酸化させるのを防止し、デバイスの特性が影響を受けるのを防止することであった。さらに、デバイスの発光スレショルド電圧を下げ、デバイスの発光特性を高めることであった。例えば、光度を増加させることであった。

注入した傾斜バンドギャップの界面層：電子とホールが発光層に容易に注入され、発光界面層の欠陥密度を減少させるため、Yen-Ann Chen 等が1996年Jpn. J. Appl. Phys. 第35巻第2号第1018-1021頁、及び1997年IEEE Trans. Electron Devices 第44巻第9号第1360-1366頁で示した傾斜バンドギャップ層を採用している。

$n^+-a-SiCGe:H$  低抵抗反射層の利用：Yen-Ann Chen 等が1997年IEEE Trans. Electron Devices 第44巻第9号第1360-1366頁で示したように、この層は

抵抗が低く光反射係数が高いので、発光領域から発せられる光はこの反射で反射し、反射光はITO透明電極へ向かい、デバイスの発光光度を増加させることができる。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】この発明は、連続成長の方法により新規な傾斜バンドギャップ(graded-gap)のp-iとi-n界面層を製造し、接合面の特性を改善することで、不発光欠陥の密度を減少させ、デバイスの内部抵抗と横断する電極の接触電気抵抗を減少させることを課題とするものである。この発明で提示した新規な傾斜バンドギャップは、非晶質炭化ケイ素水素(a-SiN:H)を利用して成長する他に、i-a-SiN:H(15)発光層と隣合う傾斜バンドギャップ層に混合のp-a-SiN:H(10)を用いており、これが複合発光領域P-i界面の欠陥を減少させ、デバイスの発光光度を増加させる(なお、( )中の数字は、図中の符号を示す。以下同じ)。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】この発明の新規な傾斜バンドギャップ成長方法はケイ素(Si)、炭素(C)及び窒素(N)の三種の主要な元素と適当な不純物(ドーパント)を利用し傾斜バンドギャップを製造するが、従来の技術ではSiとCの2種の主要元素を使用するだけであった。その他に複合発光領域の電子とホールは主に光バンドギャップが比較的低く、容易に混合されるn<sup>+</sup>-a-Si:H(またはn<sup>+</sup>-a-SiGe:H)及びp<sup>+</sup>-a-Si:H(またはp<sup>+</sup>-a-SiGe:H)を分けて注入しており、光バンドギャップが高く混合が難しいn<sup>+</sup>-a-SiN:H(またはn<sup>+</sup>-a-SiC:H)及びp<sup>+</sup>-a-SiN:H(またはp<sup>+</sup>-a-SiC:H)から産出されない。そのためn<sup>+</sup>-a-SiN:H及びp<sup>+</sup>-a-SiN:H膜は発光デバイスに対する影響が比較的小さい。i層部分に関しては、高光バンドギャップの材料にa-SiN:H、a-SiO:H、a-CN:H、a-SiCN:H、a-C:Hなどを使用した。デバイスに外からバイアスが加わった場合、大部分の電圧は高光バンドギャップのi層にシフトし、i層では比較的高い電場が発生する。これにより価電子はi層に注入された時、比較的高いエネルギー状態に置かれ、価電子が輻射性複合をする時、比較的大きなエネルギー差を持たせ、高エネルギーの緑、青、或いは白の発光をさせる。

#### 【0006】

【発明の実施の形態】本発明の緑青白非晶質p-i-n薄膜発光ダイオードは以下のものを含む：三種の主要元素及び不純物で構成されたp-i傾斜バンドギャップ構造を含み、この構造はすぐ隣のi層のp-i界面に同質の接合面を形成する；本発明のp<sup>+</sup>-a-SiCN:H(9)とp-a-SiN:H(10)は傾斜バンドギャ

ップを組成し、価電子注入効率を向上させ、その上p-a-SiN:H(10)とi-a-SiN:H(15)界面は傾斜バンドギャップを持ち同質接合面である、これらの界面発光層は界面に多く発生する欠陥と言う欠点を改良する。ゲルマニウム(Ge)などのより多種の元素を利用して、傾斜バンドギャップを構成し、エレメントの発光特性を改善する。またより多くの金属層を応用して非晶質膜と外部電極のオーム接触を改善する。例として、n<sup>+</sup>-a-SiGe:H或いはn<sup>+</sup>-a-Si:H(14)とマグネシウム金属の仕事関数の差が比較的小さいので、マグネシウム金属被覆をn<sup>+</sup>-a-SiGe:H或いはn<sup>+</sup>-a-Si:Hに施した後、再度アルミニウム(6)を被覆すると、優良なデバイスの特性が得られる。デバイス中の発光層と複合発光領域の材料は本発明の実施例に採用されているa-SiN:H以外に、a-SiO:H、a-SiON:H、a-CN:H、a-SiCN:H、或いはa-C:Hなど一種のデバイス、或いは数種のデバイスを併用して組成した非晶質膜も使用できる。

【0007】そのため、実施例に示した方法でデバイスの特性を改良する以外に、本発明では以下の改良方法を採用した。

n<sup>+</sup>-a-SiGe:H とアルミニウム電極のオーム接触：n<sup>+</sup>-a-SiGe:Hは従来のn型非晶質膜に代えて、エレメントの発光電圧を下げ、デバイスに実用性を持たせることができる。

発光層と複合発光領域の材料の選択：例としてa-SiON:H、a-SiO:H、a-SiN:H、a-SiCN:H、a-CN:H、またはa-C:Hなどのバンドギャップの高い材料を発光層に使用し、注入された電子とホールは比較的高いエネルギー状態を占めるようにする。また、複合発光領域p-i界面と発光層の材料は等しく、界面欠陥の影響を減少させる。実施例において製作したデバイスにはa-SiN:Hが採用されている。多重金属層(マグネシウム/アルミニウムなど)をn型、またはp型のオーム接触を改良するために挿入：上述のマグネシウムとn<sup>+</sup>-a-Si:H、またはn<sup>+</sup>-a-SiGe:Hの仕事関数差は比較的小さいので、アルミニウムとn<sup>+</sup>-a-Si:H或いはn<sup>+</sup>-a-SiGe:Hの間にマグネシウム金属を加え、デバイスの電気的性質を更に改良する。

【0008】本発明の緑青白非晶質p-i-n薄膜発光ダイオードの製造方法は、それはp-i或いはi-n、またはn型の傾斜バンドギャップ構造を製造する方法で、以下のような工程からなる：

(a) 先ず、電極上に容易にドーパされ、且つ比較的低い光バンドギャップのp型、またはn型非晶質膜を成膜させ、良好な電氣的接触を得る工程；

(b) そして適当な材料と不純物の混合の方法を利用し、光バンドギャップを徐々に高くしてp型、またはn

型の非晶質膜を連続して成膜させる工程；

(c) そしてガス源と不純物を変更し、高光バンドギャップ発光層の材質と同じp型、またはn型の非晶質膜を一層成膜させる工程；

(d) 最後に成膜に必要なi型高光バンドギャップ非晶質膜を成膜させる工程；

【0009】本発明の実施例で採用された非晶質薄膜発光ダイオードの構造断面図を図3に示す。製造工程と各種改良方法を明確にするため、製造工程の種々の段階における断面図を図4(a)～図4(j)に示した。

新規な傾斜バンドギャップの連続成長

連続成長の採用により、p-i、i-n界面またはその他の界面の欠陥密度を減少させる。その連続成長とは、各層の薄膜が成長する時、高周波出力が中断しないことである。傾斜バンドギャップを採用すると電子とホールが発光層へ注入され易く、輻射性複合を行い発光する。然るにデバイスの発光光度が大幅に上がる。成長時に $\text{SiH}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_2$ 、 $\text{PH}_3$ 、 $\text{B}_2\text{H}_6$ 及び $\text{NH}_3$ などの気体流量を適宜調整することができる。Wirote Boonkosum等が1993年Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 第297巻第1005-1010頁に記した従来のデバイスの発光層は異質なp-a-SiC:Hとi-a-SiN:Hの間に介在するので、この発光界面の欠陥密度は高く、デバイスの光度は下がる。そのため本発明では隣接発光層の材料にはp-a-

SiN:Hを採用し、同質の接合面を形成した。

【0010】 $\text{n}^+-\text{a-SiCGe:H}$

Yen-Ann Chen等が1997年IEEE Trans. Electron Devices第44巻第9号第1360-1366頁に示したように、この薄膜層を加えた主な原因は $\text{n}^+-\text{a-SiCGe:H}$ が低抵抗であり、 $\text{n}^+-\text{a-SiC:H}$ より低く、且つ高反射係数を持つ薄膜で、該デバイスの光電気特性を良好にさせ、発光光度を向上させるからである。

【0011】この薄膜発光ダイオードの製造に必要な設備、

i-a-SiN:Hを発光層とする非晶質p-i-n薄膜発光ダイオードを例にとってみると、成膜に必要な薄膜はa-Si:H、a-SiC:H、a-SiN:H、及びa-SiCGe:Hなどであり、これらの薄膜を成膜させる設備は、図5に示したようなPECVDシステム(plasma-enhanced chemical vapor deposition system)(例えば、ULVAC CPD-1108D)である。その他類似した設備としてはECR-CVD、マイクロ波-CVDなどがある。これらの薄膜発光ダイオードを成膜製造するのに必要な気体、基板温度、及び各層成長時に参考とする工程条件は表1及び表2に示しておりである。

【0012】

【表1】

薄膜発光ダイオード成膜製作の参考製造工程条件、

高周波出力=5W

高周波密度=7mW/cm<sup>2</sup>

基板温度=180℃

使用気体: 1:  $\text{SiH}_4$ : 4%  $\text{SiH}_4 + 96\% \text{H}_2$

2:  $\text{B}_2\text{H}_6$ : 1%  $\text{B}_2\text{H}_6 + 99\% \text{H}_2$

3:  $\text{PH}_3$ : 1%  $\text{PH}_3 + 99\% \text{H}_2$

4:  $\text{C}_2\text{H}_2$ : 100%

5:  $\text{NH}_3$ : 100%

6:  $\text{GeH}_4$ : 10%  $\text{GeH}_4 + 90\% \text{H}_2$

【表2】

【0013】

層	流 速(sccm)	圧 力	生育速度	ギャップ
		Pa (torr)	nm/s	eV
P	$\text{SiH}_4:\text{B}_2\text{H}_6=100:36$	46.7(0.35)	0.05	1.68
	$\text{SiNH}_4:\text{B}_2\text{H}_6:\text{C}_2\text{H}_2=100:36:3$	49.3(0.37)	0.061	2.00
	$\text{SiH}_4:\text{B}_2\text{H}_6:\text{NH}_3=100:3:6:4$	49.3(0.37)	0.108	2.10
I	$\text{SiH}_4:\text{NH}_3=100:72$	49.3(0.37)	0.09	3.1
N	$\text{SiH}_4:\text{PH}_3:\text{NH}_3=100:72:4$	64.0(0.48)	0.02	2.52
	$\text{SiH}_4:\text{PH}_3:\text{C}_2\text{H}_2:\text{GeH}_4=100:72:3:5$	97.7(0.508)	0.071	1.70
	$\text{SiH}_4:\text{PH}_3=100:72$	61.3(0.46)	0.01	1.63

【0014】デバイス製造工程: 図3及び図4(a)～(j)参照

1. ITO (2) 被覆したガラス(1)(例えば、Corni

ng 7059)を標準作業手順に従い洗浄した後、PECVD システムに入れる。最初に窒素を利用して気体チューブとチャンバーを清浄する。そしてチャンバーを5.33×1

$0.4 \text{ Pa}$  ( $4 \times 10^{-6} \text{ torr}$ ) 以下の状態にして、基板を  $180^\circ\text{C}$  に熱し、酸素または水素を導入する。そしてプラズマを生じさせ、ITO 表面に衝突させる。これにより ITO 表面の有機不純物を除去し、ITO 表面と p 型薄膜に比較的良好な接触を持たせる。ITO 表面に衝突させる条件は酸素流量は  $100 \text{ sccm}$ 、真空チャンバー圧力は  $53.3 \text{ Pa}$  ( $0.4 \text{ torr}$ ) とし、高周波出力は  $150 \text{ W}$ 、5 分間とする。

2. デバイスの薄膜成膜を開始する：最初に p 型非晶質ケイ素窒素 ( $\text{p}^+-\text{a}-\text{Si}:\text{H}$ ) 薄膜 (7) を成膜させる。 $\text{SiH}_4$  (4%,  $100 \text{ sccm}$ ) 及び  $\text{B}_2\text{H}_6$  (1%,  $36 \text{ sccm}$ ) をチャンバーに導入し、圧力を  $46.7 \text{ Pa}$  ( $0.35 \text{ torr}$ )、基板の温度を  $180^\circ\text{C}$  に調整する。連続成長のために、 $5 \text{ W}$  の高周波出力で、全ての薄膜成膜が完成するまで中断しないように維持し、各層薄膜間が良好な界面特性を得られるようにする。 $\text{p}-\text{a}-\text{Si}:\text{H}$  の成膜が  $8 \text{ nm}$  になった後、 $\text{C}_2\text{H}_2$  (100%) を導入し、ゆっくりその流量を増加させる。 $1 \text{ sccm}$  から  $3 \text{ sccm}$  まで  $15 \text{ nm}$  の成長で傾斜バンドギャップの  $\text{a}-\text{SiC}:\text{H}$  (8) を組成する。その後  $\text{C}_2\text{H}_2$  の導入を閉じ、 $\text{NH}_3$  (100%,  $4 \text{ sccm}$ ) を導入し、厚さ  $5 \text{ nm}$  の  $\text{p}^+-\text{a}-\text{SiCN}:\text{H}$  (9) を  $5 \text{ nm}$  に成長させ、 $\text{B}_2\text{H}_6$  の導入を閉じる。真空チャンバーに残っている  $\text{B}_2\text{H}_6$  を利用して、 $2 \text{ nm}$  のドーパされた傾斜バンドギャップ層  $\text{p}-\text{a}-\text{SiN}:\text{H}$  (10) を約  $20$  秒間、 $2 \text{ nm}$  に成長させる。その後すぐに  $\text{NH}_3$  の気体流量を  $4 \text{ sccm}$  から  $18 \text{ sccm}$  に調整し、 $30 \text{ nm}$  の広いギャップの  $\text{i}-\text{a}-\text{SiN}:\text{H}$  (15) を  $30 \text{ nm}$  に成長させる。その後  $\text{NH}_3$  の気体流量を  $10$  秒間以内に  $18 \text{ sccm}$  から  $4 \text{ sccm}$  に調整し、 $\text{PH}_3$  (1%) の気体を導入する。 $15$  秒間で、 $0 \text{ sccm}$  から  $72 \text{ sccm}$  に調整し、窒素含量を低下させてドーパされた傾斜バンドギャップの  $\text{a}-\text{SiN}:\text{H}$  (11) 層を  $2 \text{ nm}$  形成させ、 $5 \text{ nm}$  の  $\text{n}^+-\text{a}-\text{SiN}:\text{H}$  (12) が成長したら、 $\text{NH}_3$  を閉じ、 $\text{C}_2\text{H}_2$  (100%,  $3 \text{ sccm}$ )、 $\text{GeH}_4$  (10%) を導入する。そして  $\text{n}^+-\text{a}-\text{SiCGe}:\text{H}$  (13) を成長させ、 $\text{GeH}_4$  の気体を  $1 \text{ sccm}$  から  $5 \text{ sccm}$  まで一定時間ごとに  $1 \text{ sccm}$  ずつ増加させ、薄膜を  $23.5 \text{ nm}$  まで成長させる。この膜の  $\text{n}^+-\text{a}-\text{SiCGe}:\text{H}$  が低抵抗と高反射係数を有するからである。その後  $\text{C}_2\text{H}_2$  と  $\text{GeH}_4$  の流入を停止し、残りの  $\text{SiH}_4$  (4%) と  $\text{PH}_3$  (1%) を使い、続けて  $7.5 \text{ nm}$  の  $\text{n}^+-\text{a}-\text{Si}:\text{H}$  (14) を成長させる。

3. 成膜が完成した薄膜の基板を蒸着装置 (ULVAC MB62-4502) を使い、基板を  $170^\circ\text{C}$  に加熱し、厚さ  $500 \text{ nm}$  の  $\text{Al}$  (6) を  $\text{n}^+-\text{a}-\text{Si}:\text{H}$  の上に被覆する。

4. 完成したデバイスを急速アニーリングシステムにおいて、水素または窒素を導入した後、毎秒  $10^\circ\text{C}$  の加熱

速度で  $360^\circ\text{C}$  まで熱し、 $20$  分間保持してから、室温に下げる。アニーリングの目的は被覆された  $\text{Al}$  (6) と  $\text{n}^+-\text{a}-\text{Si}:\text{H}$  (14) の間に良好なオーム接触を持たせ、また窒化によって良好な薄膜を生じさせるためである。

【0015】エレメントの特性：図6に本発明のデバイス (エレメント) の J-V (電流密度-印加電圧) 及び B-V (光度-電圧特性曲線) を示す。図7にエレメントの電子発光 (EL) スペクトルを示す。その発光光度は約  $200 \text{ cd/m}^2$  になっている。図8に本発明のデバイスの発光を示す。

【0016】

【発明の効果】従来の p-i-n 構造非晶質薄膜ダイオード (LED) は各層の接合面に多くの欠陥が存在し、i 層の光バンドギャップが n 層及び p 層の光バンドギャップより高く、ホールと電子が発光層に注入され難かった。そのため従来の p-i-n 構造の非晶質薄膜発光ダイオードは発光光度、操作電圧、またエレメントの安定性等の光電気特性の全面において本発明のエレメント構造によって得られる特性に比べ劣っていた。市場が発達を遂げている今日、消費者のニーズに合致した光電気製品は、できるだけ小さく安価であることが絶対条件である。本発明では発光層の材料構成、或いは印加電圧を調整することで、エレメントに緑、青、白の発光を可能にさせ、LED フルカラー表示製品の発展に大きな貢献をする。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の非晶質 p-i-n 薄膜発光ダイオードの構造を示す断面図である。

【図2(a)】従来の製造工程を示す断面図であり、ITO 被覆したガラス基板上に成長する  $\text{p}^+-\text{a}-\text{SiC}:\text{H}$  層を示す。

【図2(b)】従来の製造工程を示す断面図であり、図2(a)に引き続き、成長する  $\text{i}-\text{a}-\text{SiN}:\text{H}$  層を示す。

【図2(c)】図2(b)に引き続き、成長する  $\text{n}^+-\text{a}-\text{SiC}:\text{H}$  層を示す。

【図2(d)】図2(c)に引き続き、沈着するアルミニウム電極を示す。

【図3】本発明の緑青白非晶質 p-i-n 薄膜発光ダイオードの構造を示す断面図である。

【図4(a)】図3の緑青白非晶質 p-i-n 薄膜発光ダイオードの製造工程における各主要工程におけるエレメントの断面図であり、ITO 被覆したガラス基板で成長した  $\text{p}^+-\text{a}-\text{Si}:\text{H}$  層を示す。

【図4(b)】図4(a)に引き続き、成長する  $\text{p}^+-\text{a}-\text{SiC}:\text{H}$  傾斜バンドギャップ層を示す。

【図4(c)】図4(b)に引き続き、成長する  $\text{p}^+-\text{a}-\text{SiCN}:\text{H}$  層を示す。

【図4(d)】図4(c)に引き続き、成長する  $\text{a}-\text{SiN}:$

H p-iドーピングされた傾斜バンドギャップ層を示す。

【図4 (e)】図4 (d)に引き続き、成長するi-a-SiN:H層を示す。

【図4 (f)】図4 (e)に引き続き、成長するa-SiN:Hのi-nドーピングされた傾斜バンドギャップ層を示す。

【図4 (g)】図4 (f)に引き続き、成長するn<sup>+</sup>-a-SiN:H層を示す。

【図4 (h)】図4 (g)に引き続き、成長するn<sup>+</sup>-a-SiCGe:H傾斜バンドギャップ反射層を示す。

【図4 (i)】図4 (h)に引き続き、成長するn<sup>+</sup>-a-Si:H層を示す。

【図4 (j)】図4 (i)に引き続き、沈着するアルミ電極膜を示す。

【図5】本発明のデバイスのためのPECVDシステム (ULVAC CPD-1108D) の概念図を示す。

【図6】本発明のデバイスの電流密度—電圧及び光度—電圧特性曲線図を示す。

(a) 電流密度—電圧特性曲線 (J-V) を示す。

(b) 光度—電圧特性曲線 (B-V) を示す。

【図7】種々のバイアス下における本発明のデバイスのEL発光スペクトルを示す。

【図8】本発明のデバイスのルミネエッセンスを示す。

【符号の説明】

1…ガラス基板

2…ITO透明電極

3…p<sup>+</sup>-a-SiC:H

4…i-a-SiN:H

5…n<sup>+</sup>-a-SiC:H

6…アルミ電極

7…p<sup>+</sup>-a-Si:H

8…p<sup>+</sup>-a-SiC:H

9…p<sup>+</sup>-a-SiCN:H

10…a-SiN:H p-iドーピングされた傾斜バンドギャップ層

11…a-SiN:H i-n界面傾斜バンドギャップ層

12…n<sup>+</sup>-a-SiN:H

13…n<sup>+</sup>-a-SiCGe:H 低抵抗反射層

14…n<sup>+</sup>-a-Si:H

15…i-a-SiN:H

16…加熱器

17…基板

18…機械的真空ポンプへ

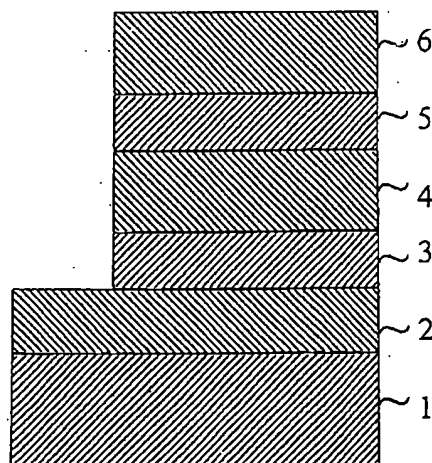
19…拡散ポンプへ

20…気体入口

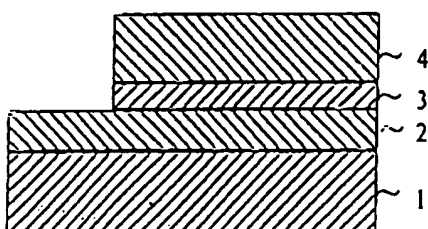
21…整合ネットワーク

22…高周波発生器

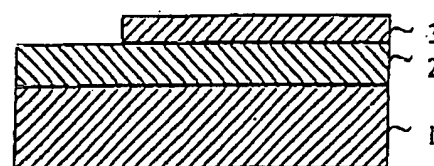
【図1】



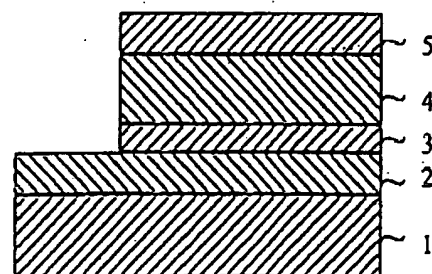
【図2 (b)】



【図2 (a)】

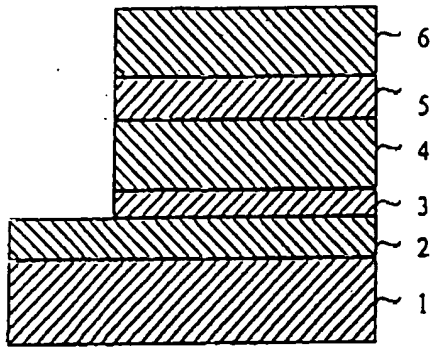


【図2 (c)】

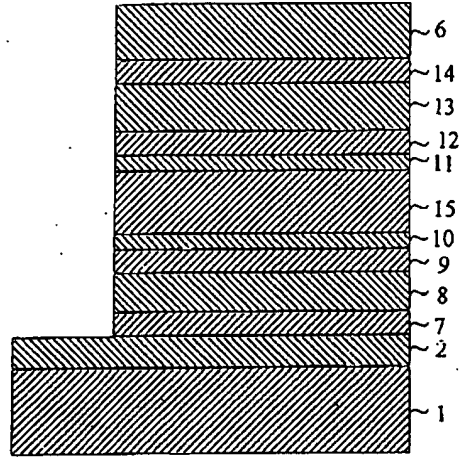


BEST AVAILABLE COPY

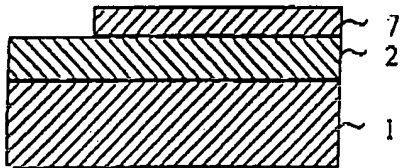
【図2 (d)】



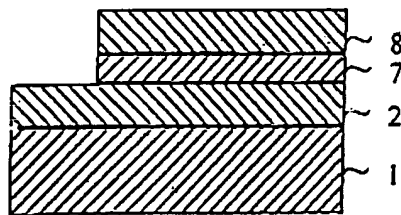
【図3】



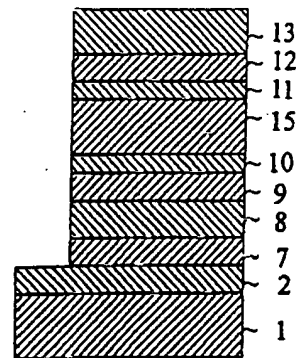
【図4 (a)】



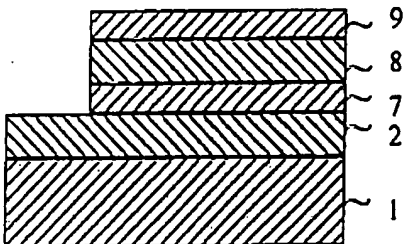
【図4 (b)】



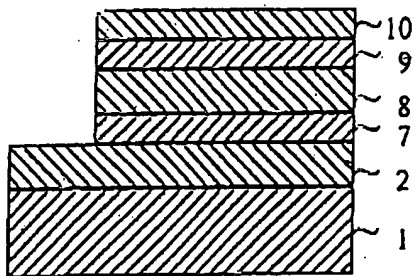
【図4 (h)】



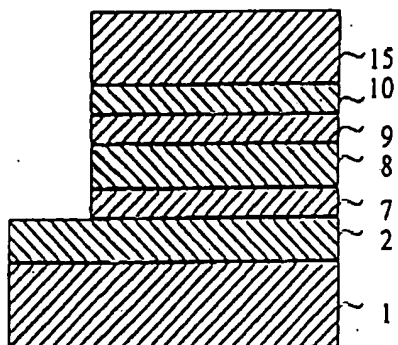
【図4 (c)】



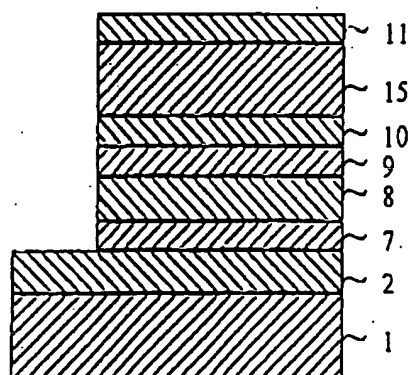
【図4 (d)】



【図4 (e)】

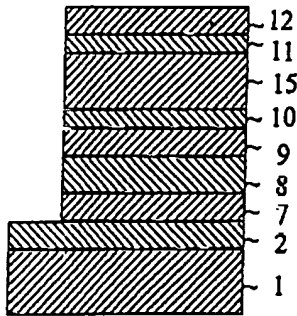


【図4 (f)】

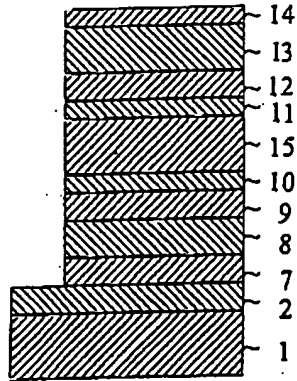




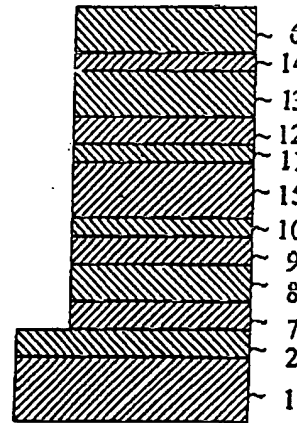
【図4 (g)】



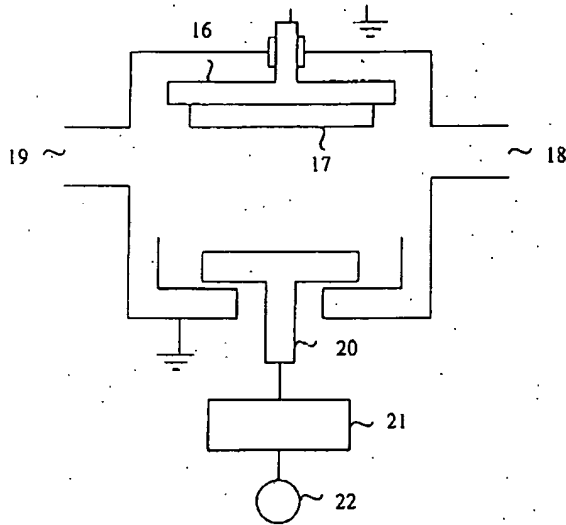
【図4 (i)】



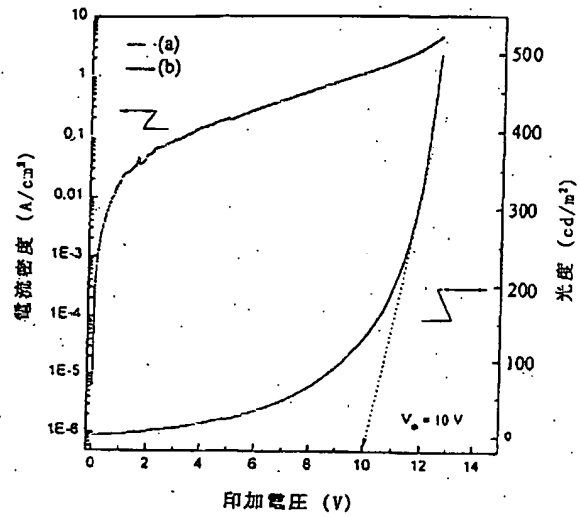
【図4 (j)】



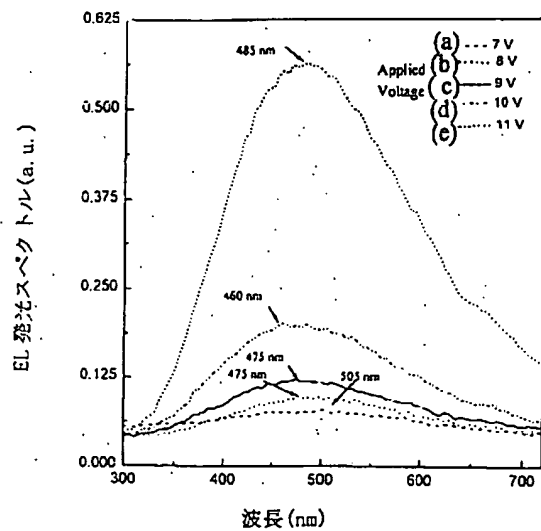
【図5】



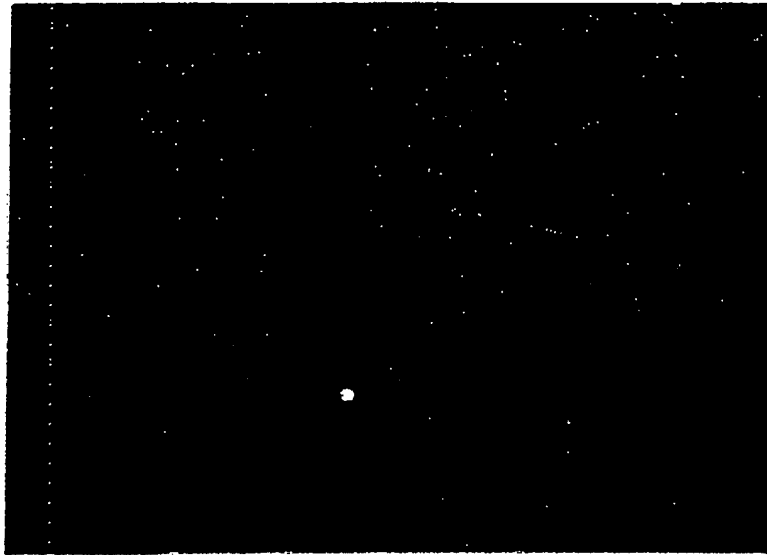
【図6】



【図7】



【☒8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKewed/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**